



普通高等教育规划教材

先进制造技术

朱晓春 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书共7章, 主要内容包括: 先进制造技术的概念、现状及发展趋势, 柔性制造系统技术, 计算机集成制造系统技术, 快速成形制造技术, 先进生产管理技术, 并行工程技术, 非传统加工技术, 超精加工技术, 纳米材料加工技术, 绿色环保制造和生物制造技术等。全书内容编写力求做到涵盖面宽, 又不重复本系列教材的其他内容。在内容处理上既着重基本知识、应用技术和方法, 又体现当今先进制造技术的最新成果。为帮助读者更好地理解 and 掌握先进制造技术, 在柔性制造系统技术、计算机集成制造系统技术、快速成形制造技术、先进生产管理技术、并行工程技术内容的后面, 编写了该技术的应用实例。全书各章既有联系, 又有一定的独立性。每章后面均附有习题与思考题。

本书是应用型本科数控技术应用专业规划教材, 也可作为高等学校机电类、自动化类专业的教材, 同时可供研究设计单位、企业从事数控技术开发与应用的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

先进制造技术/朱晓春主编. —北京: 机械工业出版社, 2004.7
普通高等教育规划教材
ISBN 7-111-14259-4

I. 先… II. 朱… III. 机械制造工艺—高等学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 025544 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 王小东 王玉鑫 王世刚 版式设计: 霍永明
责任校对: 申春香 封面设计: 陈 沛 责任印制: 施 红
北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行
2004 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷
787mm × 1092mm $\frac{1}{16}$ · 12.25 印张·298 千字
定价: 18.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

普通高等教育应用型人才培养规划教材

编审委员会名单

- 主 任：刘国荣 湖南工程学院
- 副主任：左健民 南京工程学院
陈力华 上海工程技术大学
鲍 泓 北京联合大学
王文斌 机械工业出版社
- 委 员：(按姓氏笔画排序)
- 刘向东 华北航天工业学院
- 任淑淳 上海应用技术学院
- 何一鸣 常州工学院
- 陈文哲 福建工程学院
- 陈 峻 扬州大学
- 苏 群 黑龙江工程学院
- 娄炳林 湖南工程学院
- 梁景凯 哈尔滨工业大学 (威海)
- 童幸生 江汉大学

数控技术应用专业分委员会委员名单

单名会员委审

主任：朱晓春 南京工程学院

副主任：赵先仲 华北航天工业学院

龚仲华 常州工学院

委员：(按姓氏笔画排序)

卜云峰 淮阴工学院

汤以范 上海工程技术大学

朱志宏 福建工程学院

李洪智 黑龙江工程学院

吴祥 盐城工学院

宋德玉 浙江科技学院

钱平 上海应用技术学院

谢骐 湖南工程学院

刘利

林森

林森

(缺) 熊景梁

童幸

序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来，科学技术突飞猛进，国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化发展和我国加入 WTO，世界制造业将逐步向我国转移。有人认为，我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此，工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止，我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才，为经济的发展作出了巨大的贡献。但据 IMD1998 年的调查，我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第 36 位，与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才供应不足。在此形势下，国家教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校，并于 2001、2002 年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”，对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本套系列教材就是在这种形势下组织编写的，以适应经济、社会发展对工程教育的新要求，满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的前驱、美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言：“科学家研究已有的世界，工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律，所以科学强调分析，强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学（包括自然科学、技术科学和社会科学）理论和技术手段去改造客观世界的实践活动，所以它强调综合，强调方案优缺点的比较并做出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案，采用不同的培养模式，采用具有不同特点的教材。然而，我国目前的工程教育没有注意到这一点，而是：①过分侧重工程科学（分析）方面，轻视了工程实际训练方面，重理论，轻实践，没有足够的工程实践训练，工程教育的“学术化”倾向形成了“课题训练”的偏软现象，导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一，课程结构不合理，知识面过窄，导致知识结构单一，所学知识中有一些内容已陈旧，交叉学科、信息学科的内容知之甚少，人文社会科学知识薄弱，学生创新能力不强。③教材单一，注重工程的科学分析，轻视工程实践能力的培养；注重理论知识的传授，轻视学生个性特别是创新精神的培养；注重教材的系统性和完整性，造成课程方面的相互重复、脱节等现象；缺乏工程应用背景，存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验，自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。因此，要使我国工程教育适应经济、社会的发展，培养更多优秀的工程技术人才，我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材，目的在于改革传统的高等工程教育教材，建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材，满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是：

1. 保证基础，确保后劲

科技的发展，要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此，从内容安排上，保证学生有较厚实的基础，满足本科教学的基本要求，使学生日后具有较强的发展后劲。

前 言

先进制造技术 (AMT) 是制造业不断吸收信息技术及现代化管理等方面的成果, 并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务乃至回收的制造全过程, 以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产, 提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力的制造技术的总称。AMT 已成为各国抢占制造业高地的重要手段, 对我国的制造业发展有着举足轻重的作用。

近年来, 我国高等教育得到蓬勃发展, 一批工程应用型本科院校应运而生。如何将 AMT 在这些院校中得到传授, 使我国制造业有一批掌握 AMT 的工程应用型人才, 是本书编写的出发点之一。

本书共 7 章, 主要讲解先进制造技术的概念、现状及发展趋势, 柔性制造系统技术, 计算机集成制造系统技术, 快速原型制造技术, 先进生产管理技术, 并行工程技术, 非传统加工技术, 超精加工技术, 纳米材料加工技术, 绿色环保制造技术等。在内容处理上既着重基本知识、应用技术和方法, 又体现当今先进制造技术的最新成果。为帮助读者更好地理解 and 掌握先进制造技术, 在柔性制造系统技术、计算机集成制造系统技术、快速成形制造技术、先进生产管理技术、并行工程技术内容的后面, 编写了该技术的应用实例。全书各章既有联系, 又有一定的独立性。每章后面均附有习题与思考题。

本书由朱晓春任主编, 周炳海、吴坚任副主编。朱晓春编写了第 1、第 2、第 3 章, 周炳海编写了第 5、第 6 章, 吴坚编写了第 4 章、第 7 章的 7.1 和 7.2 部分, 魏彩乔编写了第 7 章的 7.3 部分。全书由朱晓春统稿, 易红教授审阅。

本书在编写过程中得到了许多专家的指点和帮助, 在此深表感谢; 本书中部分资料及数据参考或直接引用了参考资料中的内容, 在此对所参阅资料的作者及机构深表感谢! 由于 AMT 发展迅猛, 学科跨度大, 书中难免有疏漏和不当, 恳请专家及读者批评指正。

编 者

2004 年 2 月 18 日

目 录

序	4.4 RPM 应用实例	91
前言	习题与思考题	94
第 1 章 绪论	第 5 章 先进生产管理技术	95
1.1 先进制造技术概述	5.1 概述	95
1.2 先进制造技术的特点	5.2 计算机辅助生产管理系统	98
1.3 中国先进制造技术的发展状况	5.3 物料需求计划	100
1.4 先进制造技术的发展趋势	5.4 制造资源计划	102
习题与思考题	5.5 产品数据管理 (PDM) 技术	110
第 2 章 柔性制造系统 (FMS) 技术	5.6 企业资源计划	118
2.1 FMS 概述	5.7 虚拟公司	122
2.2 FMS 的加工系统	5.8 产品实例和典型应用	125
2.3 FMS 的零件运储系统	习题与思考题	127
2.4 FMS 的刀具自动运输系统	第 6 章 并行工程技术	128
2.5 FMS 的控制系统	6.1 概述	128
2.6 FMS 应用实例	6.2 产品开发过程和并行工程的组织模式	133
习题与思考题	6.3 数字化产品建模	140
第 3 章 计算机集成制造系统 (CIMS) 技术	6.4 虚拟产品开发	147
3.1 CIMS 的基本概念	6.5 并行工程应用实例	152
3.2 CIMS 的体系结构	习题与思考题	158
3.3 CIMS 的建模方法	第 7 章 其他先进制造技术	159
3.4 CIMS 应用实例	7.1 非传统加工技术	159
习题与思考题	7.2 超精加工技术和纳米加工技术	165
第 4 章 快速成形制造技术	7.3 绿色环保制造	176
4.1 快速成形制造技术的一般介绍	7.4 生物制造	179
4.2 RPM 的工艺方法	习题与思考题	183
4.3 RPM 在模具制造中的应用	参考文献	185

第1章 绪论

变姿态嵌枚品产高装，产主哥兵，替替，殊册，效高，佩附既突以木对壹博振夫，一第

科目式代羊委味式强立壹博振夫

葵味工味，书对品产，附位遇市丁盖露显而，艺工壹博干期鼠不木对壹博振夫，二第

息前又将五，熊量游味斋通哪又将又不，如兼兼四博息前味既替，人，木对既既，三第

书对品产，附位遇市丁盖露显而，艺工壹博干期鼠不木对壹博振夫，二第

书对品产，附位遇市丁盖露显而，艺工壹博干期鼠不木对壹博振夫，二第

书对品产，附位遇市丁盖露显而，艺工壹博干期鼠不木对壹博振夫，二第

20世纪80年代末，国际上提出了先进制造技术（Advanced Manufacturing Technology——AMT）的新概念。

AMT最早源于美国。美国制造业在二战及稍后时期得到了空前的发展，形成了一支强大的研究开发力量，成为当时制造业的霸主。战后国际环境发生了很大的变化，军事对峙和显示实力刺激制造业发展的背景减弱了。由于美国长期受强调基础研究的影响，忽视制造技术的发展，到20世纪70年代日本和德国经济恢复时，美国制造业遇到了强有力的挑战，汽车业、家用电器业、机床业、半导体业、应用电子工业、钢铁业的霸主地位相继退位，连优势最为明显的航天、航空业也遇到了强有力的竞争，出口产品的竞争力大大落后于日本和德国，对外贸易逆差与日俱增，经济滞胀，发展缓慢。而日本在过去几十年内不断地主动采用制造新技术，已使其制造业成为公认的世界领袖。20世纪80年代初期，美国一批有识之士相继发表言论，对美国制造业的衰退进行了反思，强调了制造技术与国民经济及国力的至关重要的相依关系，强调了制造技术的重要性。在此背景下，克林顿政府在上台后，相继提出了两个颇有号召力的口号：“为美国的利益发展技术”、“技术是经济的发动机”，强调了具有明确的社会经济目标的关键技术的重要性，制定了国家关键技术计划，并对其技术政策做了重大调整。美国先进制造技术也就是在这样一个社会经济背景下出台了。期后，AMT在诸多国家和地区得到广泛的应用。

书对品产，附位遇市丁盖露显而，艺工壹博干期鼠不木对壹博振夫，二第

书对品产，附位遇市丁盖露显而，艺工壹博干期鼠不木对壹博振夫，二第

先进制造技术作为一个专有名词提出后，至今没有一个明确的、一个公认的定义，经过近来对发展先进制造技术方面开展的工作，通过对其特征的分析研究，可以认为：“先进制造技术是制造业不断吸收信息技术及现代化管理等方面的成果，并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务乃至回收的制造全过程，以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产，提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力的制造技术的总称”。

上述先进制造技术的内涵的描述，反映了先进制造技术的形成过程、综合集成性能，也反映了它的实用性及应用整个产品制造周期的广泛性，描述了先进制造技术达到优质、高效、低耗、清洁、灵活生产的效果，强调了其最终目的是提高产品市场适应能力和竞争能力。

1.2 先进制造技术的特点

先进制造技术与传统制造技术相比，其显著的特点是：

第一，先进制造技术以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产，提高产品对动态多变市场的适应能力和竞争力为目标。

第二，先进制造技术不局限于制造工艺，而是覆盖了市场分析、产品设计、加工和装配、销售、维修、服务，以及回收再生的全过程。

第三，强调技术、人、管理和信息的四维集成，不仅涉及物质流和能量流，还涉及信息流和知识流，即四维集成和四维交汇是先进制造技术的重要特点。

第四，先进制造技术更加重视制造过程组织和管理的合理化和革新，“它是硬件、软件、人与组织的系统集成”。

1.3 中国先进制造技术的发展状况

近 10 年来，中国先进制造技术在政府的关怀下得到快速发展和重大突破。具体表现在以下 10 个方面。

1) 计算机辅助设计 (CAD) 技术普及化。CAD 技术的普及，提高了中国企业的设计水平和产品开发能力。以三维 CAD 和产品数据管理 (PDM) 为重点，在软件市场和企业应用方面都相当活跃。在三维 CAD 软件开发上，主要表现为：新一代三维 CAD 软件及 CAD/CAM (计算机辅助设计/计算机辅助制造) 系统纷纷上市、建立了 2D 和 3D 统一模型，软件的集成性得到提高与改善，软件的专业化和本地化得到加强。典型的国产三维 CAD 软件有：华正模具研究所的 CAXA-ME，它是自主知识产权的三维曲面与 2~5 轴数控编程的 CAD/CAM 集成系统；浙江大学大天公司开发的三维曲面造型系统 GS-CAD98 等。

在 CAD 技术的应用方面，到 1999 年底，已经遍及中国 29 个省市的各个行业，有 10 万家企业应用。企业从初期二维 CAD 入手，逐步发展到三维 CAD、CAE、CAPP、CAM、CAD/CAM 一体化、PDM 的应用，应用水平不断提高。

国产 CAD 软件市场占有率达到 60% 以上。截至 1999 年 10 月，抽样调查的 10 家供应商累计销售 CAD 软件超过 15 万套，用户数约 6 万，CAD 系统 (包括软件和相关的硬件) 的销售额达 5 亿余元。

2) 快速原型制造技术由起步迈向成熟，应用初具规模。快速原型制造 (RPM-Rapid Prototype Manufacturing) 技术是一项国外在 20 世纪 80 年代中期才发展起来的高新技术，包括一切由 CAD 模型直接驱动的快速制造任意复杂形状三维实体的技术总称。

中国从 20 世纪 90 年代期间起步，并取得了突破性的进展。目前已掌握了 4 种最主要的 RPM 技术，即立体印刷 (SLA)、分层实体制造 (LOM)、选择性激光烧结 (SLS)、熔融沉积成形 (FDM) 技术，并在工艺、装备、材料方面并举发展。采用上述技术的设备国内都已商品化生产，投放国内市场并有少量出口。目前中国拥有的 RPM 设备从 20 多台发展到约 200 台，其中有 50% 是中国自己制造的；RPM 的成形材料均可固定配套，LOM 用纸、SLA 用光固化树脂、FDM 用蜡以及 SLS 用粉末初步实现了产业化，解决了与国产成形机的

配套问题,并可部分解决进口成形机配套成型材料;应用反求工程完成了从实物反求到制成模具的 RE/RP/RT 快速成形制造集成系统的开发。

3) 精密成形与加工技术水平显著提高,在汽车零部件、重大装备制造中获得广泛应用。精密成形与加工技术是指机械零部件从毛坯成形、零件加工到装配成为产品的全过程中,采用近净成形(Near Net Shape Process)、近无缺陷成形、超精密、超高速等多种先进技术,使制造过程精密、高效、低耗,以获得高精度、高质量产品的综合集成技术,近5年来,取得重大进展。

在精密加工方面:通过超精密车床的研究开发,一种最小分辨率(最小脉冲当量)为5nm、主轴精度为50nm、定位精度小于 $0.1\mu\text{m}/100\text{mm}$ 、主轴最大回转直径为800mm的超精密车床已经问世。同时针对谐振腔体加工、复印鼓加工、球面加工的需要,开发了专用超精密车床;通过对并联结构数控机床的研究,开发出一种采用传统龙门机床结构和并联结构相结合的具有实用价值的五轴并联结构数控机床。

在精密成形方面:攻克了采用铜金属型进行球墨铸铁铸件精密铸造的难关,开发了汽车球铁薄型件金属型铸造工艺与成套装备,并已用于汽车齿轮等零件毛坯制造;在对汽车覆盖件冲压成形过程仿真技术及相关成套技术系统研究基础上,建立了中国具有自主知识产权的汽车覆盖件 CAD/CAE/CAM 一体化技术,并解决了柳州微型汽车厂、长沙梅花车身厂覆盖件冲压时起皱与拉裂等生产难题。

4) 热加工工艺模拟优化技术取得重要进展,使材料热加工由“技艺”走向“科学”。热加工工艺模拟优化技术(以下简称模拟优化)以材料热加工过程的精确数学、物理建模为基础,以数值模拟及相应的精确测试为手段,能够在计算机逼真的拟实环境中动态模拟热加工过程,预测材料经过成形、改性制成零件毛坯后的组织性能质量,特别是能找出易发缺陷的成因及消除方法,通过在虚拟条件下工艺参数的反复比较,得出最优工艺方案,通过模拟优化,可以确保关键大件一次制造成功;对于大批量生产的毛坯件,可以减小试模次数,直至确保一次试模成功。

5) 激光加工在基础研究和技术开发方面有实质性进展,产业应用获得经济效益。在应用基础研究方面:大功率 CO_2 及 YAG 激光三维焊接和切割机理与技术研究已取得重要进展,一是建立了大功率激光光束的传输与聚焦理论及加工用激光光束质量的评定方法;二是建立了具有真正实用价值的激光三维加工数控自动编程。

在技术开发方面:通过对大功率激光光束光斑诊断技术的研究,已开发出大功率激光光束光斑诊断仪样机,可对连续大功率激光光束和聚焦光斑的功率密度分布进行测量,测量最大功率为10kW,最大光束直径为60mm,最高功率密度为 $107\text{W}/\text{cm}^2$;在激光熔敷技术方面解决了两个关键技术:一是研制出采用载气送粉和同轴保护气的自汇聚三维随动熔敷加工头;二是设计制作了以高精车为主体的光束成型系统,从而使该技术真正走向工业应用。

6) 数控技术取得重要进展,国内市场占有率有所提高。中国在数控机床共性关键技术攻关、数控机床开发、数控系统和普及型数控机床产业化工程研究、传统装备的数控化改造等方面取得了进展,在一些基础技术和关键技术上有重大突破。

开发出以 PC 机为平台的数控系统,在充分利用计算机高速发展的硬件技术基础上提高了软件开发水平。通过攻关,数控系统的平均无故障时间(MTBF)达到1.5万h以上,使国产数控系统的这一指标接近国际先进水平。在数控系统功能上,解决了多坐标联动、远程

数据传输及远程控制、诊断等技术难题。

开发了高速主轴单元、加工中心刀库和数控车床回转动力刀架,使普及型数控机床整体性能有了较大提高。数控机床的可靠性有很大提高,平均无故障时间(MTBF)从“八五”末期的200~250h,提高到400~500h,增长幅度达100%。现场总线智能仪表研究开发获重要进展,应用已有一定的基础。基于计算机及数字通信技术的工业控制通信网络技术,即现场总线技术,以及相关的设备及系统技术获得飞速发展,这是未来工业自动化技术和自动化控制技术的重要发展方向。

(8) 微型机械研究进展迅速,标志着先进制造技术正向微观领域扩展。微型机械泛指尺寸范围为毫米、微米或纳米级,集微结构、微传感器、微执行器和微控制器为一体的微机电系统(MEMS)。MEMS的研究目标在于通过机电系统的微型化、集成化研究来探索新原理、新功能元件和新微系统,实现大尺寸机电系统所不能实现的功能。例如,尖端尺寸为 $5\mu\text{m}$ 的微型镊子可以夹持一个红血球,来完成细胞的切割工作、细胞移植等生物工程。

(9) 现代集成制造系统研究和应用取得突破,在国际上占有一席之地。现代集成制造系统(CIMS)是一种新的制造模式,近年来获得重大进展。其特点是从跟踪国外的发展趋势走向立足国情、创新发展;从以信息集成和车间自动化为标志的计算机集成制造系统(CIMS)发展成为以信息集成和企业优化为特征的现代集成制造系统,开始走出一条具有中国特色的CIMS道路。提出了将信息技术、现代管理技术和制造技术相结合,并应用于企业产品全生命周期(从市场需求分析到最终报废处理)的各个阶段,通过信息集成、过程优化及资源优化,实现物流、信息流、价值流的集成和优化运行,达到人/组织、经营管理和技术三要素的集成优化,以改进企业产品的开发时间(T)、质量(Q)、成本(C)、服务(S)、环境(E),从而提高企业的市场应变能力和竞争能力这一“现代集成制造”新概念。

(10) 新生产模式的研究和实践具有特色,推动了中国制造业的技术进步和管理现代化。20世纪90年代,中国在汽车制造业中首先推广精益生产。通过精简机构、减少管理层次、组织团队、消除企业中存在的各种浪费现象,显著提高了企业的经营效益,随着Internet的普及应用,众多高等院校在过去的三年中,将敏捷制造作为研究方向,并结合中国制造业的实际情况,进行了有益的探索和实践。

1.4 先进制造技术的发展趋势

在21世纪中,随着以信息技术为代表的高新技术的不断发展和市场需求的个性化与多样化,未来制造业发展的重要特征是全球化、网络化、虚拟化方向发展,未来先进制造技术发展的总趋势是向精密化、柔性化、虚拟化、网络化、智能化、敏捷化、清洁化、集成化及管理创新的方向发展。

当前先进制造技术的发展趋势大致有以下几个方面:

第一,信息技术对先进制造技术的发展起着越来越重要的作用。信息化是当今社会发展的趋势,信息技术与传统制造技术相结合,将使制造业的生产方式发生根本性变革。信息技术促进着设计技术的现代化,成形与加工制造的精密化、快速化、数字化,自动化技术的柔性化、集成化、智能化,整个制造过程的虚拟化、网络化、全球化。各种先进生

产模式的发展,如网络化制造、并行工程、精益生产、敏捷制造、虚拟企业与虚拟制造,也无不以信息技术的发展为支撑。

第二,设计技术的不断现代化。现代设计技术的主要发展趋势:一是设计方法和手段的现代化。二是新的设计思想和方法不断出现。如并行设计,面向“X”的设计 DFX (Design For X),健壮设计 (Robust Design),反求工程技术 (Reverse Engineering) 等。三是向全寿命周期设计发展。四是设计过程、快速造型和设计验证,由单纯考虑技术因素转向综合考虑技术、经济和社会因素。

第三,成形技术向精密成形或称净成形的方向发展。展望 21 世纪,制造工件的毛坯正在从接近零件形状 (Near Net Shape Process) 向直接制成工件即精密成形或净成形 (Net Shape Process) 的方向发展。精密铸造技术、精密塑性成形技术、精密连接技术等精密成形技术将获飞速发展。

第四,加工技术向着超精密、超高速以及发展新一代制造装备的方向发展。目前,超精加工已实现亚微米级加工,并正在向纳米加工时代迈进,加工材料由金属扩大到非金属;超高速切削用于铝合金的切削速度已超过 1600m/min,铸铁为 1500m/min,可以近 10 倍地提高加工效率并提高加工件的性能。

第五,制造工艺、设备和工厂的柔性和可重构性将成为企业装备的显著特点。个性化需求和可重构性将成为 21 世纪企业装备的显著特点。先进的制造工艺、智能化的软件和柔性的自动化设备、企业的柔性发展战略,构成未来企业竞争的软、硬件资源。

第六,虚拟制造技术和网络制造技术将广泛应用。虚拟制造技术以计算机支持的仿真技术为前提,形成虚拟的环境、虚拟的制造过程、虚拟的产品、虚拟的企业,从而大大缩短产品开发周期,提高一次成功率。网络技术的高速发展推动了网络制造技术的发展和广泛应用,企业通过国际互联网、局域网和内部网,可以实现对世界上任何一地的用户订单而组建动态联盟企业,进行异地设计、异地制造,然后在最接近用户的生产基地制造成产品。

第七,智能化、数字化是先进制造技术和机电产品的发展方向。将智能技术注入先进制造技术和产品,可使之具有“智慧”,能部分代替人的脑力劳动。将数字技术用于制造过程,可大大提高制造过程的柔性和加工过程的集成性,从而提高制造过程的质量和效率,增强产品的市场竞争力;将智能技术、数字技术“融入”工业产品,可提高其性能,使之升级,以满足国民经济和人民生活日益增长的要求。

第八,以提高市场快速反应能力为目标的制造技术将得到迅速发展和应用。瞬息万变的市场促使交货期成为竞争力诸因素中的首要因素。为此,许多与此有关的新观念、新技术在 21 世纪将得到迅速的发展和应用。其中有代表性的是:并行工程技术、模块化设计技术、快速原型成形技术、快速资源重组技术、客户化生产方式。

第九,绿色制造已成为 21 世纪制造业的重要特征。日趋严格的环境与资源约束,使绿色制造越来越被重视,它将成为 21 世纪先进制造技术的一个重要特征。

中国的资源并不丰富,中国的环境污染问题已经非常突出。中国的制造业不仅要解决自身生产过程中的污染和资源浪费问题,更重要的是要为社会提供在全寿命周期内没有污染,节约资源的各类产品及环保装备。

第十,21 世纪的企业面临管理创新。面对高速发展的信息化和经济全球化及激烈的市场竞争环境,彻底动摇了 20 世纪的管理理论和管理方法,也改变了制造业的传统观念和生

产组织方式，加速了现代管理理论的发展和 innovation。因此，在全球正在兴起“管理革命”，管理的重要性越来越得到认同。

习题与思考题

- 1-1 叙述先进制造技术的产生背景。
- 1-2 先进制造技术的内涵是什么？
- 1-3 先进制造技术的关键技术是哪些？
- 1-4 先进制造技术的特点是什么？
- 1-5 叙述先进制造技术的发展趋势。

。该系统由集... 一

系... 一, 未... 以... 由... 2... : 式... 义... 的... 直... 式... 更... , 输... 的... 2... 的... 更... 式... 式

第2章 柔性制造系统(FMS)技术

。... 的... 中... 科... 培... 某... 出... 查... 编... 更... 去... 式... 的... 科... 种... 变... 更... 单... 件... 族... 。

。... 的... 与... 自... 研... 2... 的... 技... 术... 等... 会... 员... 委... 业... 工... 和... 机... 械... 共... 研... , 会... 对... 究... 研... 究... 工... 业... 主... 体... 国... 。

。... 点... 研... 究... 一... 的... 各... 具... 体... 的... 2... 的... 工... 业... 应... 用... , 同... 不... 然... 是... 否... 为... 该... 系... 统... 的... 义... 务... 。

2.1 FMS 概述

... 以... 心... 中... 工... 业... 的... 发... 展... 和... 进... 步... 的... 需... 要... 为... 背... 景... , 在... 2... 0... 世... 纪... 5... 0... 年... 代... 在... 美... 国... 的... MIT... (麻省理工学院) 诞生了第一台三坐标数控铣床以后, 机电一体化及数控(NC)的概念出现了。随着机电一体化技术的进一步发展, 出现了计算机数控(CNC)、计算机直接控制(又称群控)(DNC)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助设计(CAD)、成组技术(GT)、计算机辅助工艺规程(CAPP)、工业机器人技术(ROBOT)等新技术。

2.1.1 FMS 的产生

随着计算机的发展和日益广泛应用, 机械制造业受到较大的影响。20世纪50年代在美国的MIT(麻省理工学院)诞生了第一台三坐标数控铣床以后, 机电一体化及数控(NC)的概念出现了。随着机电一体化技术的进一步发展, 出现了计算机数控(CNC)、计算机直接控制(又称群控)(DNC)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助设计(CAD)、成组技术(GT)、计算机辅助工艺规程(CAPP)、工业机器人技术(ROBOT)等新技术。

这些新技术的出现对刚性自动线产生了冲击。所谓刚性自动线, 即物流设备和加工工艺是相对固定的, 它只能加工一个零件, 或者加工几个相互类似的零件。如果需改变加工产品的品种, 刚性自动线必须做较大的改动, 在投资和时间方面的耗资很大, 难以满足市场化的需求。但是刚性自动线的设备利用率高, 生产率高。因此结合刚性自动线和机电一体化、数控技术的特点, 20世纪60年代, 英国 Molins 公司的工程师大卫·威廉逊(David Williamson)提出了“柔性制造系统”(Flexible Manufacturing System, 简称为FMS)的概念。

FMS是先进制造技术的一部分。自诞生以后, 在欧洲、美国、日本、俄罗斯有了较大的发展。据统计, 1985年世界各国已投入运行的FMS有500多套, 1988年近800套, 1990年超过1000套, 目前约有3000多套FMS正在运行。我国是1984年开始研制FMS的, 1986年从日本引进第一套FMS。

由于FMS兼顾了生产率及灵活性, 所以具有强大的生命力。

2.1.2 FMS 的定义、组成和类型

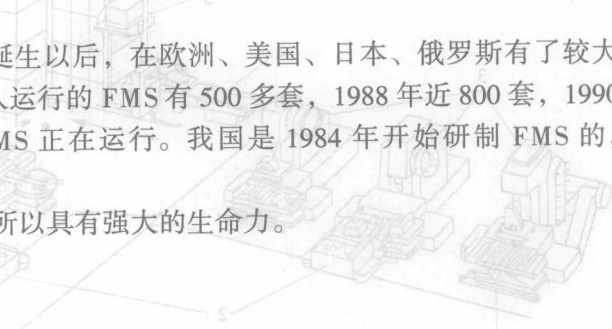
1. FMS 的定义和组成

目前对FMS还没有统一的定义, 它作为一种先进制造技术的代表, 不局限于零件的加工, 在与加工和装配相关的领域里也得到越来越广泛的应用。所以, 有关FMS的定义和描述有多种。

根据“中华人民共和国国家军用标准”有关“武器装备柔性制造系统术语”的定义, FMS是数控加工设备、物料运储装置和计算机控制系统组成的自动化制造系统。它包括多个柔性制造单元, 能根据制造任务或生产环境的变化迅速进行调整, 适用于多品种、中等批量生产。

美国制造工程师协会的计算机辅助系统和应用协会把柔性制造系统定义为: 使用计算机控制柔性工作站和集成物料运储装置来控制并完成零件族某一系列工序的, 或一系列工序的

图 2-1-1 柔性制造系统(FMS)的组成



一种集成制造系统。

为方便对 FMS 的理解，更为直观的定义为：FMS 由两台以上的机床、一套物料运输系统（从装载到卸载具有高度自动化）和一套控制系统的计算机所组成的制造系统。它采用简单地改变软件的方法便能制造出某些部件中的任何零件。

国际生产工程研究协会、欧共体机床工业委员会等组织对 FMS 都有自己的描述。各种定义的描述方法虽然不同，但反映了 FMS 应具备的一些特点。

(1) FMS 的硬件组成部分 两台以上的数控机床或加工中心以及其他的加工设备，包括测量机、清洗机、动平衡机、各种特种加工设备等；一套能自动装卸的运储系统，包括刀具的运储和工件原材料的运储，具体结构可采用传送带、有轨小车、无轨小车、搬运机器人、上下料托盘、交换工作站等；一套计算机控制系统。

(2) FMS 的软件组成部分 FMS 的运行控制；FMS 的质量保证；FMS 的数据管理和通信网络。

(3) FMS 的功能 其功能包括能自动进行零件的批量生产；简单地改变软件，便能制造出某一零件族的任何零件；物料的运输和储存必须是自动的（包括刀具工装和工件）；能解决多台设备状态下零件的混合比，且无须额外增加费用。

图 2-1 是一个典型的柔性制造系统示意图。

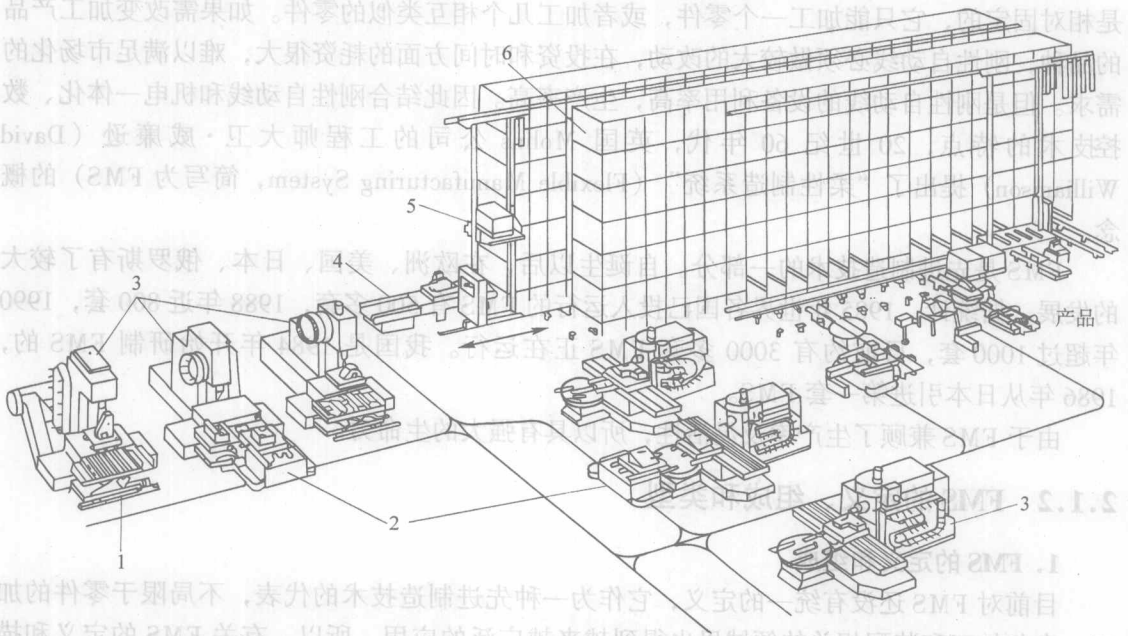


图 2-1 典型的柔性制造系统示意图

1—托盘交换站 2—自动导向小车 3—加工中心 4—仓库进出站 5—堆垛机 6—自动化仓库

FMS 的工作过程如下：在装卸站将毛坯安装在早已固定在托盘上的夹具中。然后物料传送系统把毛坯连同夹具和托盘输送到进行第一道加工工序的加工中心旁边排队等候，一旦加工中心空闲，零件就立即送到加工中心加工。每道工序加工完毕后，物料传输系统还要将该加工中心完成的半成品取出并送至执行下一工序的加工中心旁边排队等候。如此不停地进行至最后一道加工工序。在完成零件的整个加工过程中，除进行加工工序外，若有必要还要